

請交換

(24)

中央水利實驗處

研究試驗報告

甲種：水工模型試驗

第十四號

四川綦江石溪口花石子
滾水壩試驗船閘書
模型試驗報告

中華民國三十七年五月

中央水利實驗處
水工報告編纂委員會

總編纂	鄭肇經						
副總編纂	譚葆秦						
編輯	姚琢之 俞世煜 嚴鏡海	姜蔣李 毛陳	國彭葆 昶高	幹年鑑 熙林			
副編輯	吳志成 陳子霞 張賡緒						
助理編輯	陳宏德 焦文生 陳文治	金顏	秦亢	來宗			

序

近世工程設計，因科學之演進，理論與核算益趨精確，成果日宏。惟水利工程之設計，則以河流水性各各不同，難以一成之定論，適應複雜之變化。故疏導宣洩之法，堤防障堰之功，合則安瀾順翕，化瘠土為沃區；不則巨浸稽天，淪平原於澤國。而凡所措施，宜於此者未必悉宜於彼；適於昔者未必仍適於今，因地制宜，各不相襲。是以水工之設計，關係繁複，其技術之進展，稍亦濡遲。蓋自來治水力學者，物理學家恆假設水流為無黏滯性之理想液體，因而計算其流動之定律，特水流固非絕對無黏滯性者，其為值雖微，而實具有決定性之因素，以故水工計劃實施以後，往往多所鑿枘。至工程師之從事水力研究者，頗思矯此闕失，遂舍理論而崇經驗，蒐集測驗資料，列為公式，參酌基本關係，而分別傳以係數，以靳符合實際情況。然當設計之時，選擇係數，仍苦無一定之據依，苟或毫釐之差，詎能免於千里之謬？迨西曆一八九八年，德國特萊司登水工教授恩格斯氏，始創水工模型試驗，應用相似性力學原理，倣製海港河渠堤堰閘壩之模型，參酌天然水性，調合水流，引注其中，用以觀測其變化現象，因微察著，以例證真，隨工程之目標，逐一改正其設施，以期於至當。於是驗諸一室而不訛，施諸實際乃有準，其成效之完滿，迥

非憑虛冥想，捫闔求步者所可比擬。然後水工技術，日臻孟晉，匪獨省工節帑，其成果之安全，於以有保障焉。

我國舉辦水工模型試驗，昉於民國二十四年，前全國經濟委員會既設置中央水利研究實驗機構，乃於南京清涼山麓，拓地庀材，籌建水工試驗大廈；復先假國立中央大學隙地，建立臨時水工試驗室，辦理模型試驗，以應當時各項水利工程之急需。繼而抗戰軍興，國府西遷，雖在時會艱虞器材廹竭之際，猶先後於重慶成都昆明武功等處，設立水工試驗機構，各依地區之需要，分別研究試驗，粗獲成果。三十五年國府還都，積極復員建設，尤致意於水利工程之興復。本處乃儘先修建原設中央大學之臨時水工試驗室，並趕築清涼山之水工試驗大廈，其昆明水工試驗室則遷移北平，改設北平水工試驗所。務期今後水工試驗技術，廣大發揚，庶幾裨益於全國水利之建設；且進而與世界各國互相聯繫，作技術上之交換，以資切磋。爰舉歷年辦理之各項水工試驗及研究報告六十餘種，擇尤彙編，附以英文摘要，用備中外學者之觀覽。第規模草創，精研有待，茲編之成，又復匆促，率陋粗疏之處，尙冀當世鴻碩有以繩正之！

中華民國三十七年五月 鄭肇經

中央水利實驗處研究試驗報告一覽

甲種 水工模型試驗

- 第一號 導淮入海水道楊莊活動壩模型試驗
- 第二號 導淮入江水道三河活動壩模型試驗
- 第三號 四川長壽龍溪河水力發電廠攔河壩模型試驗
- 第四號 廣東北江蘆苞活動閘模型試驗
- 第五號 四川綦江船閘模型試驗
- 第六號 陝西黑惠渠模型試驗
- 第七號 陝西漢惠渠進水閘滾水壩及筏道模型試驗
- 第八號 甘肅滄惠渠進水閘及陡坡模型試驗
甘肅夏惠渠陡坡模型試驗
- 第九號 四川洪雅花溪渠幹渠跌水模型試驗
甘肅蘭豐渠崔家崖跌水模型試驗
- 第十號 四川綦江羊蹄峒蓋石峒滾水壩模型試驗
- 第十一號 陝西褒惠渠模型試驗
- 第十二號 雲南彌勒甸溪滾水壩模型試驗
陝西滂惠渠工程計劃之研究
貴州綏江攔河壩模型試驗
陝西渭惠渠攔河壩模型試驗
湖北金水流城洩洪堰模型試驗
- 第十三號 四川江北郭家沱虹吸溢道模型試驗
- 第十四號 四川綦江石溪口花石子滾水壩船閘模型試驗
- 第十五號 漢渝公路汽車渡船模型試驗
- 第十六號 四川長壽桃花溪水電廠暗渠及引水管水流情形之探討

- 圖十七號 揚子江背背灘模型試驗
圖十八號 揚子江小南海灘模型試驗
圖十九號 安徽華陽河洩水閘模型試驗

乙種 水工研究

- 圖一號 水槽兩壁對於臨界拖引力之影響
圖二號 砂土壩基滲水之探討

**四川綦江石溪口花石子滾水壩
船閘模型試驗報告書**

四川綦江石溪口花石子滾水壩船閘模型試驗報告書

目 錄

一	引言	1
二	試驗之資料	1
三	試驗之範圍	1
四	模型之設計及水位之計算	2
五	試驗之經過及其結果	3
	甲 石溪口滾水壩模型試驗	
	1 石溪口滾水壩壩面壓力之分佈	
	2 花石子滾水壩壩面壓力之推算	
	乙 花石子滾水壩模型試驗	
	1 固定河床試驗	
	2 活動河床試驗	
	丙 石溪口閘壩全型模型試驗	
	1 上游水位高度試驗	
	2 水流情形試驗	
六	結論	9
七	附圖目次	10
	1 四川綦江石溪口重力壩水面曲線及壩面壓力分佈圖	
	2 四川綦江石溪口重力壩下游水位與壩面壓力關係曲線圖	
	3 四川綦江石溪口重力壩壩下水流情形及壩面壓力分佈圖	
	4 四川綦江花石子下游水位流量曲線圖	
	5 四川綦江花石子重力壩壩下水流情形圖	
	6 四川綦江花石子重力壩壩下沖刷情形圖	
	7 四川綦江花石子重力壩上游水位與壩面最小壓力關係曲線圖	
	8 四川綦江石溪口船閘滾水壩模型試驗圖	
	9 四川綦江石溪口下游水位流量曲線圖	

四川綦江石溪口花石子滾水壩船閘模型試驗報告書

一 引 言

綦江源出貴州桐梓縣，北行經松坎鎮，入四川省境，名松坎河；復北行，至綦江縣屬之趕水鎮，羊渡滾渡二河分自左右來匯，水源漸廣，始名綦江。自趕水西北行，經羊蹄峒及蓋石峒兩險灘，達三溪場，蒲河自右來匯；更自三溪西北行，經石溪口花石子兩險灘，抵江津縣之順江場，注入揚子江，共計長一百三十餘公里。

綦江兩岸，山嶺連綿，河道為羣山所束，蜿蜒曲折；河底則傾斜峻陡，險灘叢多，航行艱困。導淮委員會為應航運之需要，先後於羊蹄蓋石兩峒，興建船閘，以為通航之用，復計劃於石溪口花石子兩處建築滾水壩，以調整水深，並於每座滾水壩之旁，設船閘一座，以利航運。洪水時期任其漫溢，暫停通航。

本處於民國三十年一月受導淮委員會之委託，舉辦綦江石溪口花石子滾水壩船閘模型試驗。二月開始試驗，至同年五月中旬結束。

本試驗由技正譚葆泰設計模型並主持試驗，滾水壩部份由技佐王成成監製模型並辦理試驗，船閘部份由技士姚琢之監製模型並辦理試驗，繪圖員吳志成繪製圖表，技佐王成成編製滾水壩試驗報告，技士姚琢之編製船閘試驗報告。

二 試驗之資料

試驗之資料係根據委託機關所送之綦江石溪口與花石子兩處船閘及滾水壩佈置圖及試驗說明書。茲摘要列舉如次：

- 甲 綦江最大洪水量為4500秒公方。
- 乙 石溪口滾水壩壩高為5.3公尺。
- 丙 石溪口船閘閘廂淨長60公尺，淨寬12公尺；其升降高度為5公尺。
- 丁 花石子滾水壩壩高為6公尺。
- 戊 花石子船閘尺寸及升降高度與石溪口船閘同。

三 試驗之範圍

本試驗須檢討之問題如次：

- 甲 壩面壓力之分佈。
- 乙 壩下水躍之位置。
- 丙 壩下沖刷之深度。
- 丁 壩之上下游水位關係。

四 模型之設計及水位之計算

甲 模型之設計

為解決上項問題，製造下列三種模型，舉行試驗，分別研究之。

1 石溪口滾水壩模型 石溪口滾水壩之斷面曲率(Curvature)較大，其負壓因亦較大，故採取石溪口滾水壩之斷面，製造模型，以便測定壩面壓力之分佈，至於花石子滾水壩壩面壓力之分佈，則根據石溪口試驗結果推算之。模型之長度比例率，定為 1:30，又以原設計曲線部份之弧度，未能與切線坡度相合，製造模型時，皆改為 51 度 20 分 25 秒。

2 花石子滾水壩模型 花石子滾水壩之下游正常水位較低，其平均流速亦較大，故製造花石子滾水壩之模型，以觀測水流及沖刷情形，模型之長度比例率，定為 1:50。

3 石溪口船閘滾水壩全型模型 此項全型模型，用以觀測閘壩上下游之水位關係及水流情形，模型長度比例率定為 1:85。

第 1, 2 兩項模型試驗，均在 25 公分寬之玻璃水槽中舉行。

乙 花石子與石溪口壩址下游水位之計算

滾水壩之水流情形，與其下游正常水位之高度最有關係，茲根據綦江沱灣測站之流量曲線，及沱灣與花石子兩處之水位關係，求得花石子水位流量曲線(參閱圖 4)，以為研究花石子滾水壩各項試驗問題之準則。

石溪口位於花石子之上游，花石子建壩以後，上游水位因水流受阻而抬高，其影響可達石溪口之下游，計算方法，乃根據花石子水位流量曲線向上游推算。

當小流量時，全部水流從滾水壩洩瀉，求得花石子滾水壩之上游水位高度，再利

用不均衡水流(Non-uniform flow)公式，假定河道之粗糙率 $n=0.04$ ，逐段向上游推算，至石溪口滾水壩之下游CS No.95處為止。

當大流量時，水流分別由滾水壩及船閘等處洩瀉，同時水流為潛流，其關係乃異常複雜。計算花石子滾水壩之上游水位高度時，係利用石溪口船閘滾水壩全型上下游水位關係之試驗結果(參閱圖8)而推算，換言之，即假設大流量時，二處之上下游水位關係相同。求得各項流量之花石子滾水壩上游水位高度後，再用不均衡流速公式向上游推算至石溪口滾水壩之下游為止。

五 試驗之經過及其結果

甲 石溪口滾水壩模型試驗(長度比例率1:30)

1. 石溪口滾水壩壩面壓力之分佈 本試驗之主要目的，係決定壩面壓力分佈之情形，故製造模型時，在壩身內裝置壓力銅管五支，管口離壩面約2公厘。模型製成以後，用針在壩面穿有小孔，俾與壓力管相通；壓力管之另一端，則用橡皮管與玻璃管連接，以便閱讀壩面壓力之數值。

壩面壓力之分佈與水流之形狀有關，水流情形，則隨下游水位之升降而異。當下游水位高漲而水流為潛流時，壩面發生迴溜，其壓力約與水深成正比；當下游水位低降，水流緊貼壩面洩瀉，則產生離心力，而壩面發生負壓。查石溪口與花石子兩壩，當較大流量時，皆屬潛流，流量較小時則為滾流，故舉行壓力分佈試驗俱用較小之流量。

圖1為壩面最不利情況之下，其壓力之分佈情形，試驗時降低下游水位，使水流緊貼壩面洩瀉，不致在護坦內發生水躍，以測驗壓力之值，當流量超過每秒700公方(即壩寬每公尺7.88秒公方)，壩面頂點部分即發生負壓。(壩面壓力之值，係以各該測點之實在水柱高度計之，如水柱與該測點等高，則壓力等於零。)

圖2係在固定流量時，變更下游水位之高度，所測得壩面各處壓力之變化情形；圖中曲線之不連續及間斷部分，係因水流由立波水躍改變為迴溜水躍，或由迴溜水躍改變為潛流所致。

圖3為正常下游水位時，壩面壓力之分佈及水流情形；在各種流量之下，其下游正常水位均具有相當之高度，故壩面均無負壓發生。

2 花石子滾水壩壩面壓力之推算 花石子滾水壩壩面壓力之值，可以根據上節試驗結果，及比較兩壩之壩面曲率與下游正常水位值而推算之。茲分述如次：

花石子滾水壩與石溪口滾水壩之形狀相似，壩面之斜坡亦相同，但壩頂部分之曲率則各異，今假設花石子壩依 1：40 之長度比例率縮為模型，與石溪口壩依 1：30 之長度比例率縮小之模型兩相比較，則二者壩頂部分之曲率與斜坡，均屬相同，僅壩之前額及壩身下部之曲率略有差異。查壩面之負壓以壩頂部分曲率之影響為最重要，故用 1：30 之石溪口滾水壩模型，試驗壓力之結果可以引用於 1：40 之花石子滾水壩模型。

今於石溪口滾水壩試驗結果之水面曲線，壩面壓力曲線，及壩頂水頭高度等值各乘以 $\frac{4}{30}$ 之比例，求得花石子滾水壩之各項相應值，並繪製花石子滾水壩上游水位與壩面最小壓力關係曲線圖(參閱圖 7)。

上頂曲線表示滾流時壩面最小壓力之值，設水流為湍流，則壩面壓力俱有增加(參閱圖 2)。花石子壩當小流量時，水流為滾流，當大流量時為湍流，故壩面最小壓力之值，與該壩滾流之最大流量相應。根據第五節試驗之結果，推算花石子壩最大滾流流量為每秒 2400 公方，上游水位高度為 434.88 公尺，與該上游水位相應之壓力為負壓 0.94 公尺，是為最小壓力之值，至壓力分佈情形，則與石溪口之試驗結果相似。

乙 花石子滾水壩模型試驗(長度比例率 1：50)

本試驗之主要目的，係測驗滾水壩之水流及冲刷情形，分別用固定與活動河床舉行試驗，茲將試驗經過分述如次：

1 固定河床試驗 原型滾水壩下游為砂岩河床，其冲刷甚為微小，故先舉行固定河床試驗，以決定滾水壩之水流情形，試驗時洩放各種流量注入模型，利用活動尾門，調節下游水位至正常高度，並描繪水流情形(圖 5)。

綜觀各種流量時之水流情形，尚無不妥之處，但護坦上消力槽之設備，對於滾水壩之水流，並無任何顯著之影響。

2 活動河床試驗 河床之冲刷，與河床岩石之結構層次堅度等最有密切之

關係，現因缺乏參考資料，未能精確計算，以爲選擇模型沙礫之根據；此次試驗係用本處之第二號白石子，其平均直徑爲 2 公厘，約合原型 10 公分，其臨界冲刷速度爲 50 秒公分，約合原型 3.5 秒公尺，與岩石之性質並不相同，故試驗結果對於河床冲刷深度未能作定量之決定，但對於河床冲刷之趨勢則可表示之。

每次試驗徐徐放水注入模型，同時抬高下游水位，使勿冲刷河床，迨流量達到應有值時，再校正下游水位達正常高度，試驗於是開始，俟河床之冲刷達平衡狀態後，試驗中止，然後描繪水流及冲刷之情形(圖 6)。

當流量小於 2400 秒公方時(即每公尺 22.88 秒公方)，見圖 6，水流沿壩面下注，在壩後發生迴溜，河床之冲刷並不劇烈，當流量超過 2400 秒公方時，則壩面發生迴溜，其長度達護坦之外，迴溜底部之水流沿河床倒流，冲刷河床較烈，當流量達最大值 4500 秒公方時(即每公尺 42.86 秒公方)，因下游之正常水位高漲，迴溜之流速較緩，河床之冲刷亦較輕微。

丙 石溪口閘壩全型模型試驗(長度比例率 1 : 85)。

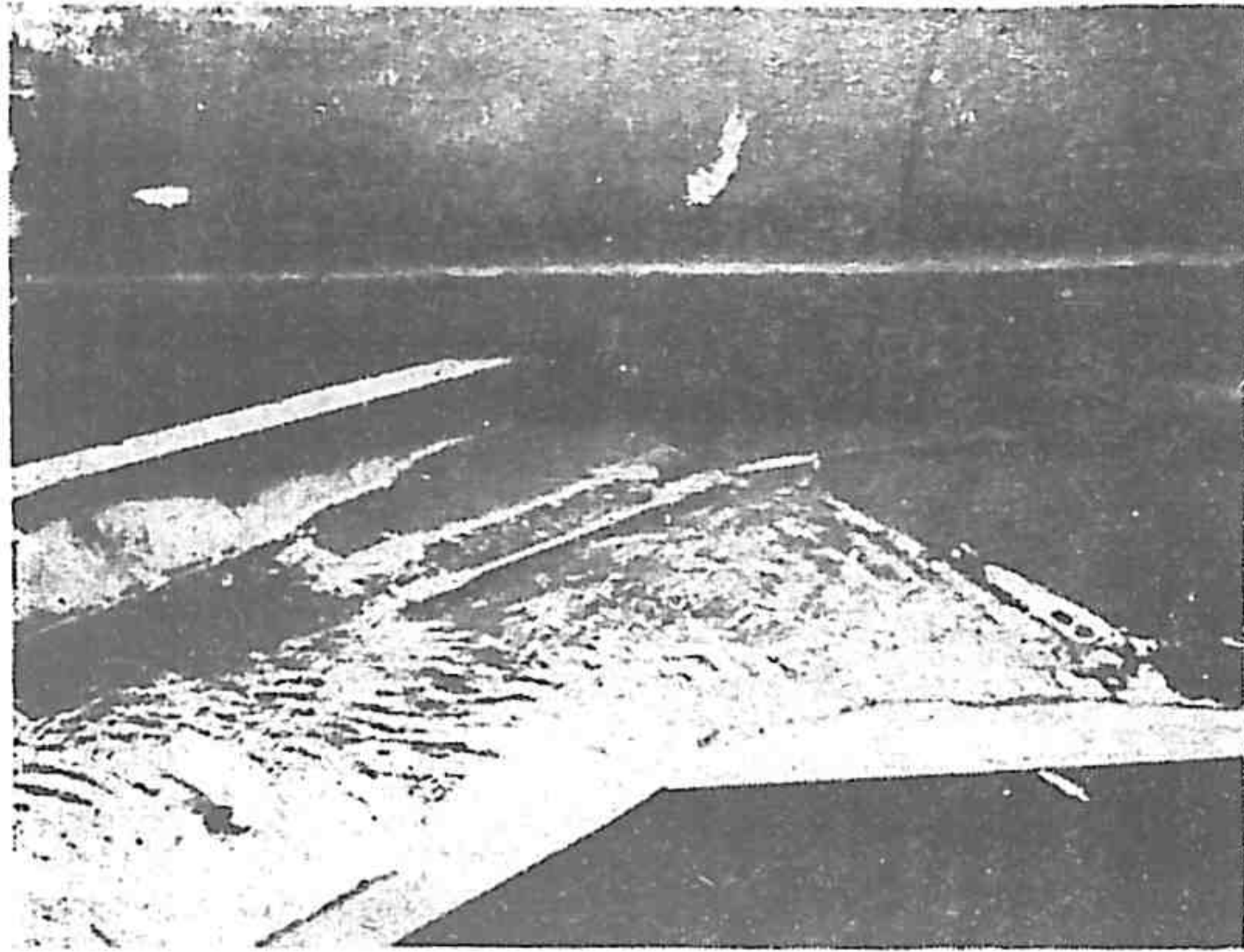
模型範圍包括全部船閘及滾水壩，長度包括壩頂上游 4.20 公尺(約合原型 357 公尺)，下游 3.53 公尺(約合原型 300 公尺)，共長 7.73 公尺；上游寬度爲 2 公尺(約合原型 170 公尺)，下游最狹處爲 1.29 公尺(約合原型 110 公尺)；其詳細佈置見圖 8，全部之模型河槽及滾水壩，均用洋灰製成。船閘、引水牆及堡坎等則用木製，各項尺寸均按照原計劃依 1 : 85 之長度比例率縮小。

1 上游水位高度試驗 舉行水位試驗時，依照通常試驗之方法，放固定之流量注入模型，利用活動尾門，操縱下游水位，同時讀取上下游水位之值，並將試驗結果繪製上下游水位關係曲線(圖 8)，圖中實線爲等流量之上下游水位曲線(計算方法參閱第四節說明)，虛線與實線相交之處，即爲當某流量時上下游水位之高度。

船閘通航時之最高流量，應以水流不由閘門頂點漫過爲準，經過試驗，求得相當於閘門頂高之上游水位爲 436.5 公尺，該時流量爲 280 秒公方，流量超過該值，則一部份水流由閘室洩洩，船閘即須停止通航。

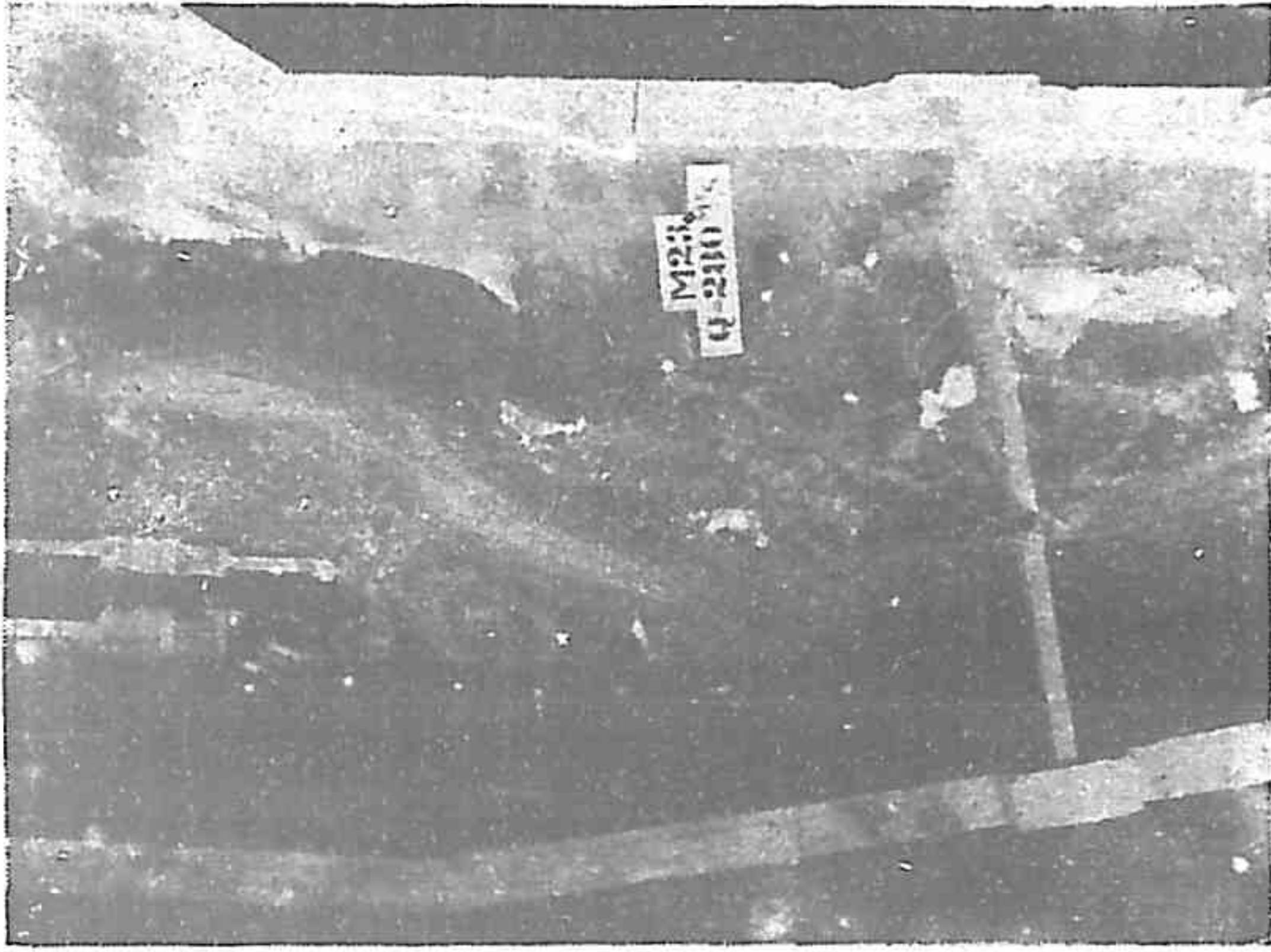
2 水流情形試驗 當流量較大時，船閘與水流之情形至爲複雜，除滾水壩

宣洩大部份流量外，閘室、閘頂、引水牆及堡坎頂部均有水漫流，其詳細情形如下列照片所示。

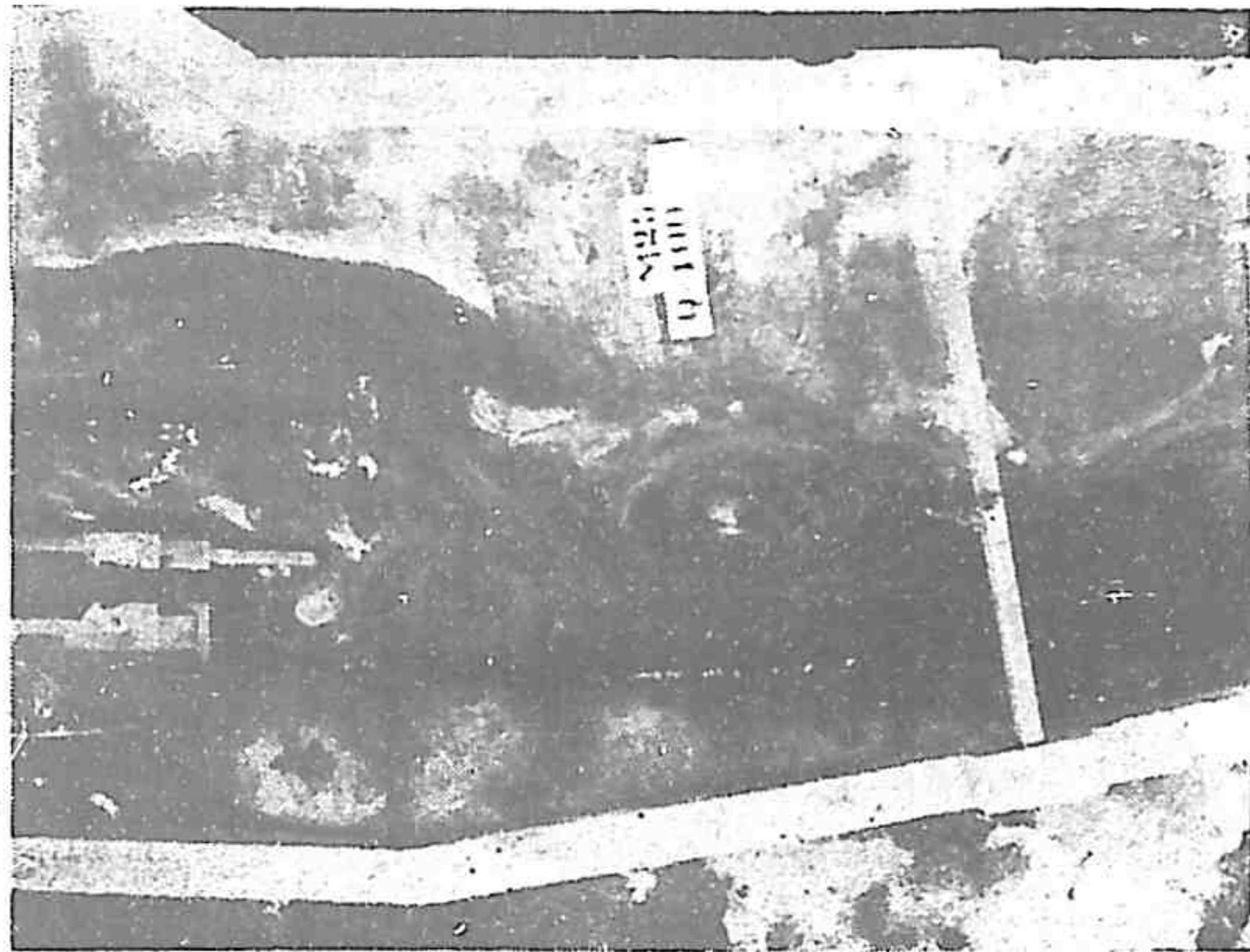


當流量小於 280 秒公方時，全部水流均由壩頂漫流，滾水壩上游之水流異常平穩，流速亦甚為和緩，壩之下游水流則較為湍急，下列照片，示船閘出口處之水流情形；自壩頂下洩之水流，到達船閘出口處，為礁石所束折而向下，即漩成迴溜。當流量 280 秒公方時，靠近船閘出口部分之迴溜速度約為 0.9 秒公尺。流量為 100 秒公方時，其速度為 0.5 秒公尺，該項迴溜對於船隻之航行頗不適宜，當船隻行抵迴溜之際，駕駛失當，每易被漩至迴溜中部，隨流旋轉，則上下航行之船隻，恐有互相撞擊之虞；同時候水上行之船隻，亦缺乏寧靜水面，堪資停泊。

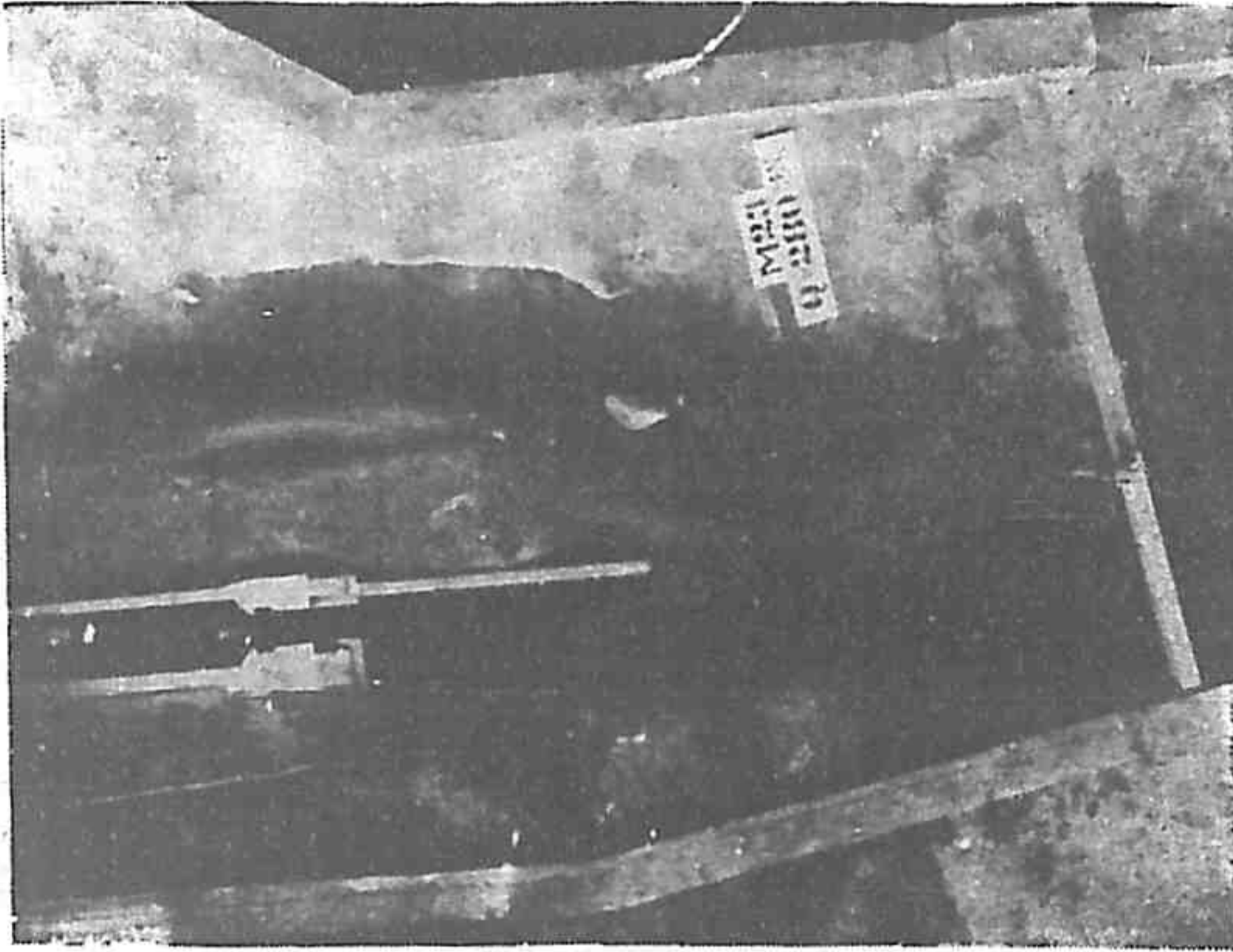
試驗時曾將船閘下游之引水牆，延長為 54.5 公尺(原長 21 公尺)，水流仍發生迴溜(見照片)，其速度與上述者相同，但牆內水面異常寧靜，上行船隻可以安穩停泊。



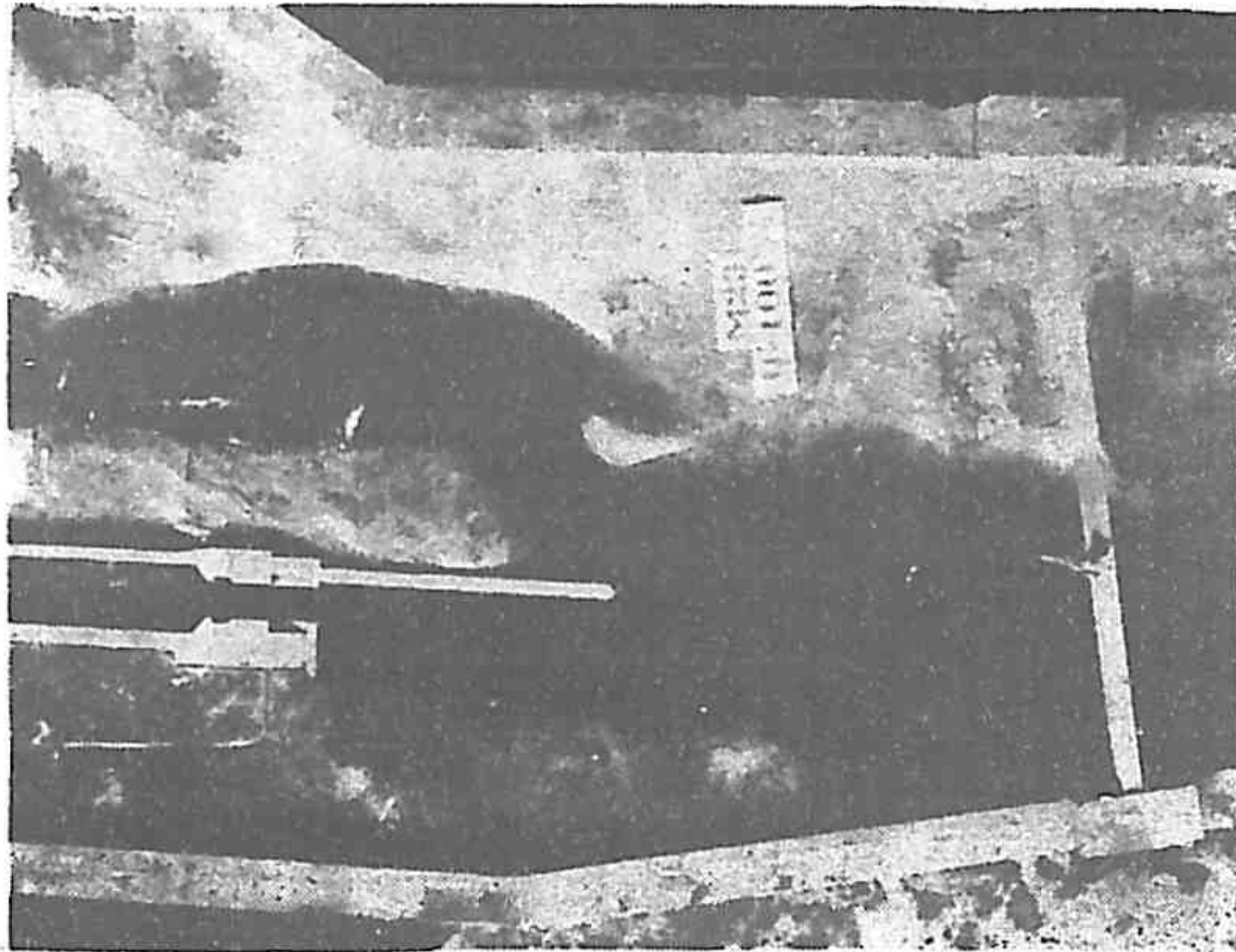
流量=280c.m.s. 水流情形圖
下游引水牆=21 m.



流量=100c.m.s. 水流情形圖
下游引水牆=21 m.



流量=280c.m.s. 水流情形圖
下游引水牆=54.5 m.



流量=100c.m.s. 水流情形圖
下游引水牆=54.5 m.

設延長引水牆至 75 公尺，則水流沿引水牆邊線下行，船尾亦發生迴溜，牆內水面異常安靜。當流量為 280 秒公方時，迴溜速度為 1 秒公尺；流量為 100 秒公方時，速度為 0.7 公尺，較諸未延長引水牆時，其數值均略有增加，故水流情形似尚未達適宜之境域。

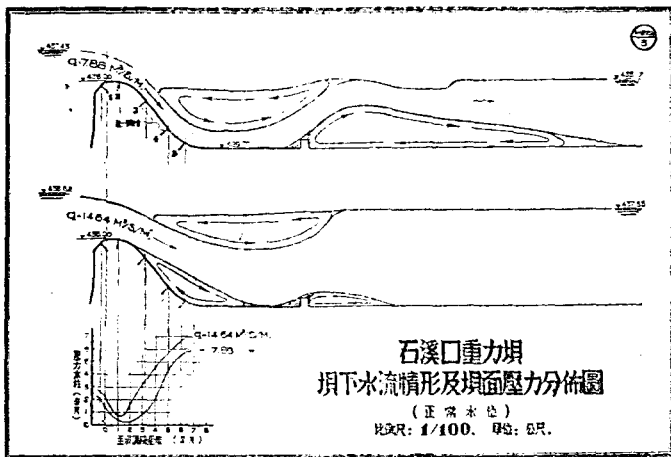
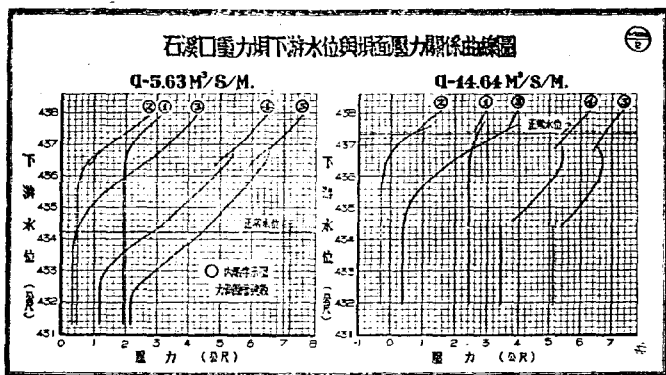
設欲完全消滅迴溜以利航運，須將船閘際牆之水道加以相當之整理，船閘下游河床之礁石須即清除，而另闢水道於礁石之西岸，使牆下之水流改向不致集中於船閘之出口處，但審量石方之開挖，為數頗鉅，所費亦屬不貲，若迴溜之速度約為 0.9 秒公尺，如來往船隻駕駛得當，或尙不致發生意外之困難也。

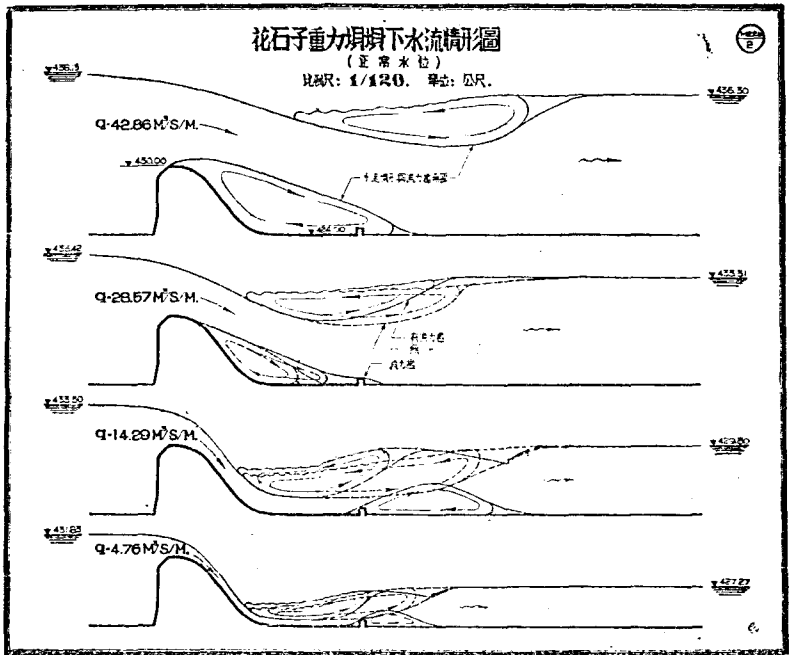
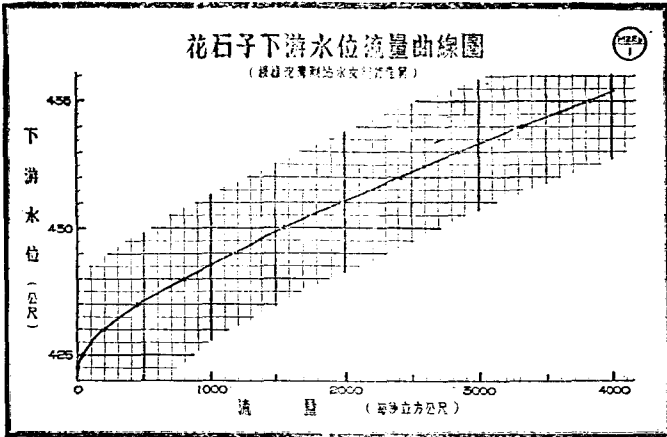
六 結 論

甲 石溪口水壩在各種流量及正常下游水位時，壩面均無負壓發生，花石子滾水壩壩面壓力之分佈，可以參照石溪口壓力試驗結果，並且較石溪口與花石子二壩之壩面曲率與壩之下游水位而推算之。推算之結果，花石子壩壩面之最大負壓值約為水柱 0.94 公尺，其壓力分佈情形與石溪口壩相似；查 0.94 公尺水頭之負壓，對於整個壩身之安全，並無不良影響，但壩面條石之灌漿砌縫須特加注意，以防條石被吸而走動。

乙 石溪口與花石子兩滾水壩之下游正常水位皆俱有相當之高度，當小流量時，水流能在護坦以內發生水躍；當大流量時，水流為湍流，主溜已超出護坦之外，故消力檻之設備，對於大小流量時之水流及冲刷情形均無顯著之影響，滾水壩加設消力檻與否，似無關重要。石溪口水壩兩處河床均為岩石，應即清除巨動之亂石，並將石縫灌漿，以防被水冲擊走動，藉增壩基之安全。

丙 石溪口船閘上游之水流，異常平穩，流速亦頗和緩，故上游之引水牆，可酌予縮短，就試驗結果觀察之，建議將上游之引水牆原長 95 公尺縮短為 50 公尺。至閘之下游水流頗為混亂，並發生迴溜，其速度為 0.9 秒公尺，來往船隻，如能駕駛得宜，不致發生特殊之困難，但缺乏寧靜之水面，上行船隻難以安穩停泊，故建議將下游引水牆延長為 54.5 公尺，俾便於候閘船隻之停泊。





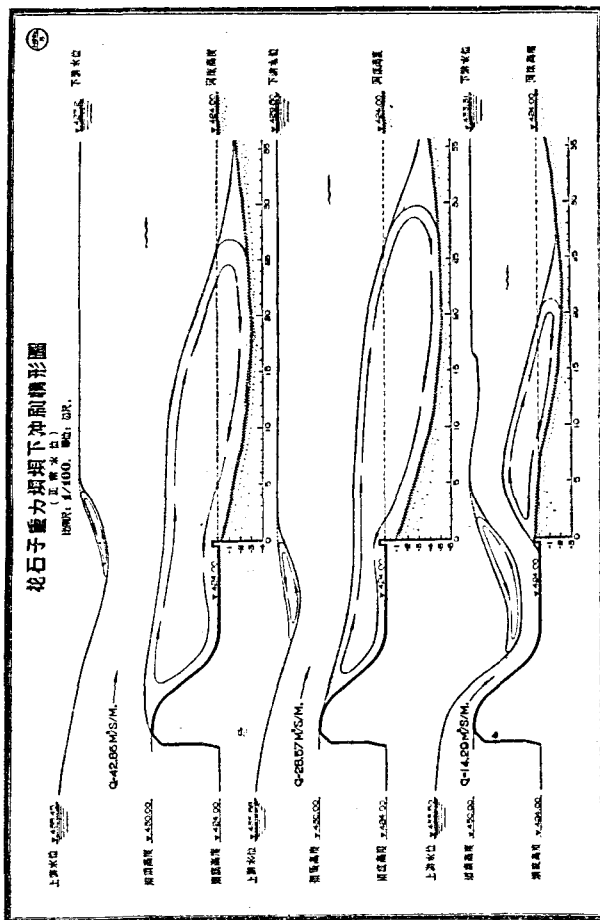


圖 6

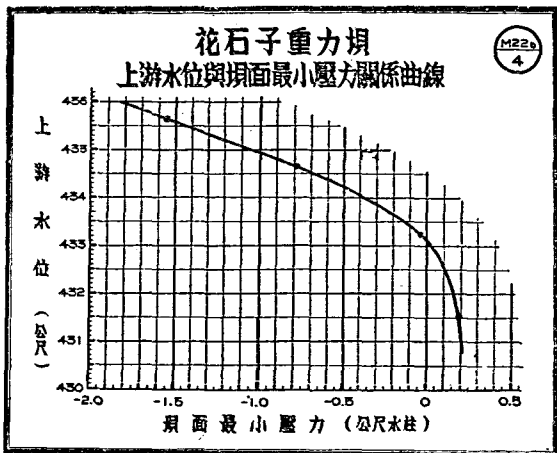


圖
7

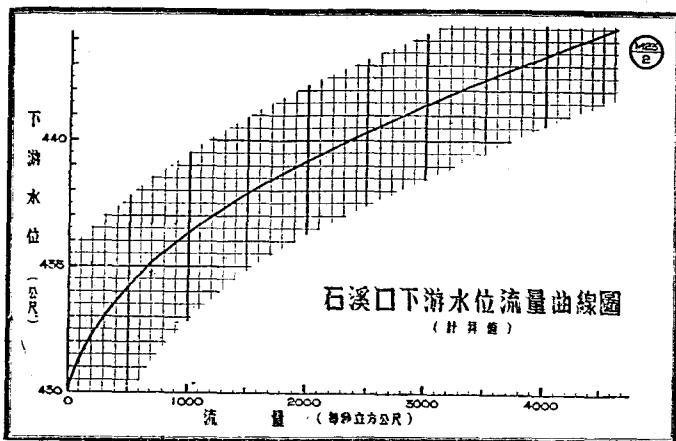


圖
9

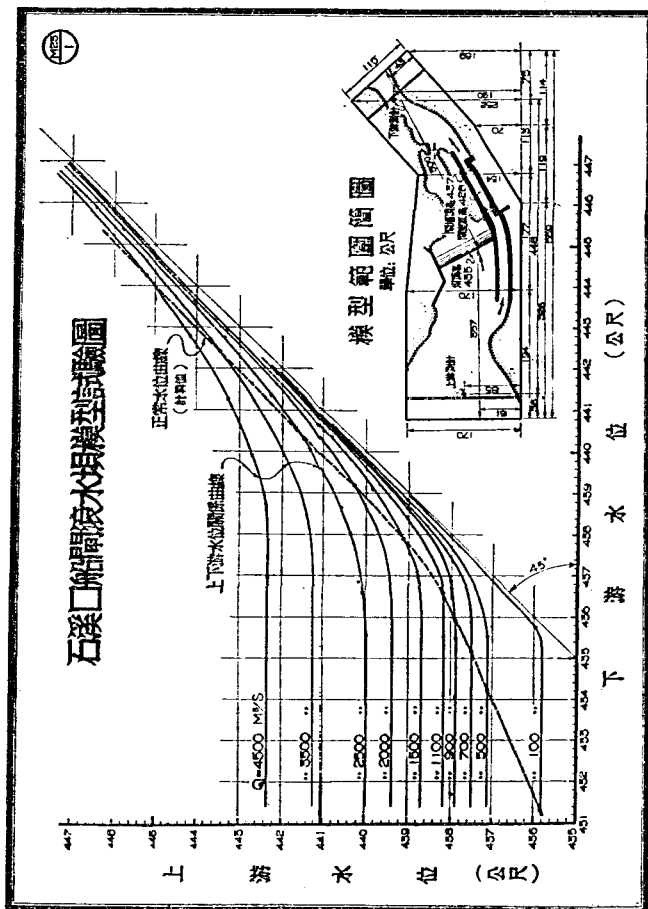


圖 8

Hydraulic Model Studies of Dam and Lock at Shih-Chi-Kuo and Hua-Shih-Chih, Chi-Kiang, Szechuan

Abstract

- A. **Project conducted for:** Huai River Commission.
- B. **Investigators:** Experiments conducted by H. C. Wang and C. C. Yao under the direction of P. T. Tan.
- C. **Purpose:** To investigate pressure distribution on dam surface, location of hydraulic jump, bed erosion, and flow characteristics at lock entrances.
- D. **Outline and results:**

Chi-kiang, one of the tributaries of the Yangtze River, originates in the mountainous region of Kueichow Province flowing northward into Szechuan Province, bearing a total length of 130 km approximately. The slope of river bed is very steep, and rapids occur throughout the river channel, so that navigation is very difficult. Meeting this need, Huai River Commission had prepared a canalization project of the river and two sets of dam and lock at Yang-Ti-Tung and Kai-Shih-Tung were first constructed a couple of years ago. The two sets of dam and lock at Shih-Chi-Kuo and Hua-Shih-Chih are now being under construction. The height of dam at Shih-Chi-Kuo and at Hua-Shih-Chih will be 5.3 m and 6 m respectively. At the side of each dam, the lock will be installed with a net length of lock chamber of 60 m, net width of 12 m, and the difference in water level being 5 m for both cases. The maximum discharge of the Chi-Kiang was estimated to be about 4,500 c. m. s. During the flood period, the lock chamber will be submerged and will not function in consequence.

The investigation was started in February 1941, and completed in May the same year. Three models were used in this study: a 1:30-scale model, reproducing the entire section of overflow dam of Shih-Chi-Kuo, a 1:85-scale comprehensive model, reproducing the dam and lock at Shih-Chi-Kuo, and a 1:50 scale model, reproducing the entire section of dam of Hua-Shih-Chih. The model tests and its results are summarized as follows:

(1) The investigation of pressure distribution on dam surface: The pressure variation on dam surfaces depends on the flow pattern over the crest, which in turn depends on the tail-water depth. When the tailwater is high, the flow over crest is of submerged type, and the magnitude of pressure is in direct proportion to the water depth on dam surface approximately. When the tailwater is low, the

flow may be of complete free fall, and negative pressure usually occurs on dam surface. Fig. 1, P. 10 shows the experimental results of pressure distribution on dam surface with extremely low tailwater depth. The negative pressure occurred on the top of dam with the discharge exceeding 7.88 c. m. s. per m. The relations between pressure variation and the tailwater elevation for a certain discharge are illustrated in Fig. 2. Fig. 3 shows the flow pattern and pressure distribution of a certain discharge with normal tailwater depth. No negative pressure was found for all cases of flow with normal tailwater depth. The magnitude of minimum pressure of Hua-Shih-Chih Dam was calculated from the experimental data on Shih-Chi-Kuo Dam by using a proper ratio. The relation between the minimum pressure on dam surface and the upstream water stage of Hua-Shih-Chih Dam is shown in Fig. 7, P. 14. A negative pressure head of 0.94 meter of water was indicated for a max. free-fall discharge of 2,400 c. m. s.

(2) The determination of bed erosion below dam: The flow pattern and the bed erosion of Hua-Shih-Chih Dam were investigated by means of a 1:50 scale section model. The current forms, as illustrated in Fig. 5, were obtained in glass-walled flume test with fixed bed. The bed erosion test was conducted in the same flume with movable bed composed of white broken stone with an average diameter of 2 mm. A very slight erosion with the discharge much less than 22.88 c. m. s. per m was indicated as shown in Fig. 6. The serious bed erosion was found with the discharge exceeding 22.88 c. m. s. per m because of the upward bottom current of large roller covered a length longer than that of the apron. When discharge of 42.86 c. m. s. per m with downstream normal depth was tested, the bed erosion was also slight.

(3) The investigation of flow characteristics at lock entrances: A 1:85-scale comprehensive model, reproducing Shih-Chi-Kuo Dam and lock, was used to investigate the flow condition. The relation between upstream and downstream water stages was obtained as in Fig. 9, P. 15. The maximum discharge for free navigation was found to be 280 c. m. s. with upstream water stage of 436.5 m. If the discharge exceeds this max. value, the lock chamber will be submerged.

Formation of rollers was found at the downstream entrance of the lock, for both cases with discharges of 280 and 100 c. m. s. respectively, as shown in Photos 2 and 3. The velocity of roller was estimated to be 0.9 m per second for a flow of 280 c. m. s., while it was 0.5 m per second for a flow 100 c. m. s. The roller has tendency to keep the boats in rotation, but it would do no harm to the passage of boats if careful operated. An increased in length of the guide wall from 20 m to 54.5 m would provide a larger area of dead water for boats to lay at anchor or waiting for lock operation.

NATIONAL HYDRAULIC RESEARCH INSTITUTE
RESEARCH BULLETIN
HYDRAULIC MODEL STUDIES
BOARD OF EDITORS

CHENG, CHAO-CHING	<i>Chief Editor</i>
TAN, PAO-TAI	<i>Assistant Chief Editor</i>
YAO, CHO-CHIH	<i>Editor</i>
JAUNG, GOA-GAN	<i>Editor</i>
YU, SHIH-YU	<i>Editor</i>
CHIANG, PENG-NIEN	<i>Editor</i>
YEN, CHING-HAI	<i>Editor</i>
LEE, PAO-CHIEN	<i>Editor</i>
WU, CHIH-CHENG	<i>Associate Editor</i>
MAO, CHANG-SHI	<i>Associate Editor</i>
CHEN, TZE-SHIA	<i>Associate Editor</i>
CHEN, KAO-LING	<i>Associate Editor</i>
CHANG, KENG-HSU	<i>Associate Editor</i>
CHEN, HUNG-TE	<i>Assistant Editor</i>
KING, TAI-LAI	<i>Assistant Editor</i>
CHIAO, WEN-SHENG	<i>Assistant Editor</i>
YEN, KANG-TSUNG	<i>Assistant Editor</i>
CHEN, TZONG-CHIH	<i>Assistant Editor</i>

NATIONAL HYDRAULIC RESEARCH INSTITUTE

RESEARCH BULLETIN

SERIES A: HYDRAULIC MODEL STUDIES

NO. 14

MODEL STUDIES
OF DAM AND LOCK
AT SHIH-CHI-KUO
AND HUA-SHIH-CHIH
CHI-KIANG, SZECHUAN

PUBLISHED BY

CHAO-CHING CHENG

COMMISSIONER

THE NATIONAL HYDRAULIC RESEARCH INSTITUTE

NANKING, CHINA

MAY 1948